

**PROPUESTA DE MÉTODO RÁPIDO Y SENCILLO PARA ESTIMAR EL  
ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LA BIOMASA TOTAL DEL BOSQUE MUY  
HÚMEDO TROPICAL (bmh-T) DEL BAJO CALIMA, BUENAVENTURA, VALLE DEL  
CAUCA.**

**MILLER EDUARDO MAYORCA MAYORGA  
LUISA FERNANDA MURILLO ARIAS**

**Trabajo de tesis presentado como requisito para optar por el título de  
Ingeniero Forestal**

**Hernán Jair Andrade Castañeda; Ph.D.**

**Director**

**Milena Andrea Segura Madrigal; M.Sc.**

**Co-Director**

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA  
FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL  
INGENIERÍA FORESTAL  
IBAGUÉ  
2016**

<b>COMITÉ DE INVESTIGACIONES</b>				
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO</b>				
(Acuerdo Consejo de Facultad Ingeniería Forestal 355 de 2013)				
<b>TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO</b>				
Propuesta De Método Rápido Y Sencillo Para Estimar El Almacenamiento De Carbono En La Biomasa Total Del Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T) Del Bajo Calima, Buenaventura, Valle Del Cauca				
<b>NOMBRE DEL (LOS) ESTUDIANTE(S):</b>				
Miller Eduardo Mayorca Mayorga				
<b>DIRECTOR</b>				
Hernán Jair Andrade Castañeda Ph.D. y Milena Andrea Segura Madrigal M.Sc.				
<b>NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 1</b>				
Ingeniero Fernando Fernandez Mendez				
<b>CALIFICACIÓN JURADO 1</b>	Informe Escrito (65%)	4.5	Sustentación (35%)	4.5
<b>NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 2</b>				
Ingeniero Manuel Guillermo Yaya Mejia				
<b>CALIFICACIÓN JURADO 2</b>	Informe Escrito (65%)	4.5	Sustentación (35%)	4.5
<b>CALIFICACIÓN PONDERADA</b>	Jurado 1	4.5	Jurado 2	4.5
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>		Reprobado		Aprobado
Sobresaliente		Meritorio		Laureado
<b>RANGOS DE EQUIVALENCIA:</b>				
Calificación menor de tres cero (3.0)				
Calificación entre tres cero (3.0) y tres nueve (3.9)				
Calificación entre cuatro cero (4.0) y cuatro cuatro (4.4)				
Calificación entre cuatro cinco (4.5) y cuatro nueve (4.9)				
Calificación de cinco cero (5.0)				
REPROBADO APROBADO SOBRESALIENTE MERITORIO LAUREADO				
<b>OBSERVACIONES</b>				

<b>FIRMAS</b>	
 <b>NOMBRE Y FIRMA JURADO 1</b>	 <b>NOMBRE Y FIRMA JURADO 2</b>
 <b>COORDINADOR INVESTIGACIONES</b>	
<b>CIUDAD:</b> Ibagué	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN:</b> 02/09/2016

<b>COMITÉ DE INVESTIGACIONES</b> <b>ACTA DE SUSTENTACIÓN TRABAJO DE GRADO</b> (Acuerdo Consejo de Facultad Ingeniería Forestal 355 de 2013)				
<b>TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO</b> Propuesta De Método Rápido Y Sencillo Para Estimar El Almacenamiento De Carbono En La Biomasa Total Del Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T) Del Bajo Calima, Buenaventura, Valle Del Cauca				
<b>NOMBRE DEL (LOS) ESTUDIANTE(S):</b> Luisa Fernanda Murillo Arias				
<b>DIRECTOR</b> Hernán Jair Andrade Castañeda Ph.D. y Milena Andrea Segura Madrigal M.Sc.				
<b>NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 1</b> Ingeniero Fernando Fernandez Mendez				
<b>CALIFICACIÓN JURADO 1</b>	Informe Escrito (65%)	4.5	Sustentación (35%)	4.5
<b>NOMBRE Y NIVEL DE FORMACIÓN JURADO 2</b> Ingeniero Manuel Guillermo Yaya Mejia				
<b>CALIFICACIÓN JURADO 2</b>	Informe Escrito (65%)	4.5	Sustentación (35%)	4.5
<b>CALIFICACIÓN PONDERADA</b>	Jurado 1	4.5	Jurado 2	4.5
<b>CALIFICACIÓN FINAL</b>	4.5	Reprobado		Aprobado
Sobresaliente		Meritorio	X	Laureado
<b>RANGOS DE EQUIVALENCIA:</b> Calificación menor de tres cero (3.0) Calificación entre tres cero (3.0) y tres nueve (3.9) Calificación entre cuatro cero (4.0) y cuatro cuatro (4.4) Calificación entre cuatro cinco (4.5) y cuatro nueve (4.9) Calificación de cinco cero (5.0)		<b>REPROBADO</b> <b>APROBADO</b> <b>SOBRESALIENTE</b> <b>MERITORIO</b> <b>LAUREADO</b>		
<b>OBSERVACIONES</b>				

<b>FIRMAS</b>	
 <b>NOMBRE Y FIRMA JURADO 1</b>	 <b>NOMBRE Y FIRMA JURADO 2</b>
 <b>COORDINADOR INVESTIGACIONES</b>	
<b>CIUDAD:</b> Ibagué	<b>FECHA DE SUSTENTACIÓN:</b> 02/09/2016

## **DEDICATORIA**

Gracias Dios por permitirme cumplir mis metas pese a las dificultades.

A mis papás que son personas que siempre me han apoyado y a pesar de las desdichas siempre me han impulsado hacia el éxito.

Dedico de manera especial este trabajo a mi hermano Cristian pues él fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de compromiso y deseos de superación, en él tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlo cada día más.

**LUISA F. MURILLO ARIAS**

Principalmente a Dios Nuestro Señor porque él es mi guía y me colma de bendiciones, a mi querido tío que fue la base y el pilar de lo que soy, aunque no esté conmigo sé que me apoya desde el cielo, a mi queridísima Madre que siempre está ahí a pesar de todas la adversidades, a mi hermano por esa ayuda que siempre necesitaré.

**MILLER EDUARDO MAYORCA MAYORGA**

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Tolima y a nuestra Facultad de Ingeniería Forestal ya que fueron ellos los que nos acogieron, nos formaron y permitieron que fuéramos parte de su legado.

Al Dr. Hernán Andrade y a la Ing. Milena Segura por permitirnos incorporar y hacer parte del grupo de investigación Producción Ecoamigable de Cultivos Tropicales (PROECUT), brindándonos sus conocimientos y guiándonos con paciencia para poder realizar con éxito esta investigación.

Al Dr. Fernando Casanoves por sus asesorías e interpretaciones estadísticas.

Al Centro Forestal Tropical Pedro Antonio Pineda donde nos brindaron y facilitaron los medios necesarios para las labores de campo.

A la Dra. Luz Amalia Forero quien en el trascurso del proyecto nos dispensó conocimiento básico y elemental para el cumplimiento de este trabajo de grado.

A los estudiantes de la Universidad del Tolima de VIII semestre de los años 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 del curso de Silvicultura de Bosques Naturales Tropicales que colaboraron en la instalación y monitoreo de las parcelas permanentes y temporales en el área de estudio. A PROECUT por facilitar las bases de datos de las parcelas. Al Señor Silvio Solís por el acompañamiento en campo.

Y en general a todas las personas que de una u otra manera influyeron en la realización exitosa de este trabajo de investigación.

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>1. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	18
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	18
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
3.1. CAMBIO CLIMÁTICO .....	19
3.2. ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO.....	19
3.3. EFECTO INVERNADERO.....	20
3.4. BOSQUE .....	21
3.4.1. Bosque Natural.....	21
3.4.2. Bosque Secundario .....	22
3.4.3. Bosque Muy Húmedo Tropical (Bmh-T) .....	22
3.5. SUMIDEROS DE CARBONO.....	23
3.6. PROYECTOS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES POR DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN (REDD+).....	25
3.7. BIOMASA .....	26
3.8. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AEREA .....	27
3.8.1. Método Directo .....	27
3.8.2. Método Indirecto.....	27
3.8.3. Estimación De Carbono En Biomasa Total .....	28
3.9. MODELOS ALOMÉTRICOS .....	28
3.10. ELECCIÓN DEL MODELO ALOMÉTRICO .....	29

<b>4. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
4.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	30
4.2. SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.....	32
4.3. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA AÉREA TOTAL.....	35
4.4. ESTIMACIÓN DE LA BIOMASA BAJO EL SUELO .....	35
4.5. BIOMASA Y CARBONO TOTAL.....	36
4.6. ESTIMACION DEL POTENCIAL DE PÉRDIDA DE CO <sub>2</sub> .....	36
4.7. MODELO MATEMÁTICO PARA LA METODOLOGÍA RÁPIDA.....	37
 <b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	 <b>38</b>
5.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS BOSQUES.....	38
5.2. ALMACENAMIENTO DE CARBONO Y CARACTERÍSTICAS DE CARBONO .....	44
5.3. CLASIFICACIÓN DE SITIOS MUESTREADOS DE ACUERDO AL CONTENIDO DE CARBONO .....	46
5.4. ESTIMACION RÁPIDA DEL CARBONO ALMACENADO EN LOS BOSQUES DEL BAJO CALIMA.....	47
 <b>6. CONCLUSIONES .....</b>	 <b>54</b>
 <b>RECOMENDACIONES .....</b>	 <b>55</b>
 <b>REFERENCIAS.....</b>	 <b>56</b>

## LISTA DE TABLAS

**Pág.**

<b>Tabla 1.</b> Número de parcelas de muestreo por sitio en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. ....	34
<b>Tabla 2.</b> Carbono total almacenado en bosques estudiados por diferentes autores en bosques tropicales de Latinoamérica. ....	43
<b>Tabla 3.</b> Almacenamiento promedio de Carbono total por sitio en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia .....	45
<b>Tabla 4.</b> Clasificación de las parcelas en los 8 sitios inventariados en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia .....	47
<b>Tabla 5.</b> Comparación entre las parcelas de los sitios muestreados en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia .....	47
<b>Tabla 6.</b> Diferencia del carbono promedio almacenado por sitio de muestreo frente al carbono registrado por el IDEAM (Phillips et al., 2011) .....	48
<b>Tabla 7.</b> Estimación del Carbono total almacenado del bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, con base en el número de árboles y dap promedio encontrados en parcelas de muestreo .....	51



## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Tendencias en las existencias de carbono en la biomasa forestal, 1990 - 2010 .....	24
<b>Figura 2.</b> Ubicación geográfica del área de estudio, Cuenca del río Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia.....	30
<b>Figura 3.</b> Ubicación de los sitios inventariados en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia.....	33
<b>Figura 4.</b> Representación de las parcelas muestreadas, ubicadas en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. ....	34
<b>Figura 5.</b> Promedio de dap (diámetro a la altura del pecho) (a) y Altura total (b) en los sitios de muestreo del bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. ....	39
<b>Figura 6.</b> Promedio de Área basal (Ab) por sitios de muestreo en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. ....	40
<b>Figura 7.</b> Promedio de Biomasa bajo suelo por sitios de muestreo en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. ....	41
<b>Figura 8.</b> Biomasa total promedio en los sitios muestreados en el bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia. ....	42

**Figura 9.** Comparación entre los sitios de muestreo en relación al carbono en biomasa del bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia ..... 46

**Figura 10.** (a) Relación entre el carbono total y el área basal del fuste en las parcelas muestreadas del bosque muy húmedo tropical del Bajo Calima, Buenaventura, Valle del Cauca, Colombia (b) Análisis de residuos. .... 50